

# **EVALUASI PENERAPAN MODEL MATEMATIK NONLINEAR DALAM MEMPREDIKSI LAJU PERTUMBUHAN SAPI BRAHMAN CROSS DI PT BULI**

*Evaluation of Application of Non Linear Mathematical Models  
Prediction of Growth Rate of Brahman Cross Cows in PT Buli*

**Dyah Maharani<sup>1</sup>, Maria Astuti<sup>2</sup>, dan Sumadi<sup>2</sup>**

*Program Studi: Ilmu Peternakan  
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada*

## **ABSTRACT**

Cross-Sectional data of age and weight of 1504 Brahman Cross (BX) females from less than one month to 66 months of ages were obtained from ranch and feedlot system in PT BULI (Berdikari United Livestock Indonesia) and used in this study. The objectives of this study were to evaluate the application of nonlinear mathematical models: Brody, Bertalanffy, Logistic, Gompertz and Richards models in predicting growth rate of BX female. Weight data were collected from weighing and the average body weight of age groups were fitted to the five mathematical models. SPSS program of non linear regression was used to obtain the estimate of the parameter of the five models. The results showed that the  $R^2$  obtained from the five mathematical models were greater than 90%. Mathematically, this study showed that the best model was Brody model and followed by Bertalanffy, Gompertz, Richard and Logistic model in predicting of age and weight of cows. The predicted of growth rate of birth for the Logistic and Gompertz model was 7.82 kg/mo and 10.42 kg/mo respectively while the actual value was 7-11 kg/mo. Then the onset of puberty was predicted as 10.31 kg/mo and 11.13 kg/mo respectively while the actual value was 9-12 kg/mo. Logistic and Gompertz models were recommended to predict growth rate criteria (birth and onset of puberty)

**Keywords:** *puberty – growth – brahman cross-cows – Mathematical Non Linear Model*

## **PENGANTAR**

Laju pertumbuhan sebelum dewasa kelamin dapat digunakan sebagai kriteria seleksi untuk mengetahui produktivitas ternak (Warwick, *et al.*, 1990). Dasar seleksi ditentukan oleh tingkat pewarisan

---

1) Karyasiswa, swasta

2) Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

yang cukup tinggi yaitu 0.35 – 0.45 (Warwick dan Legates, 1979) dan korelasi genetiknya dengan produksi karkas sebesar 0.83 (Johansson dan Rendel, 1968). Di samping itu respon seleksi yang diberikan pada generasi berikutnya cukup tinggi (Acher *et al.*, 1998).

Laju pertumbuhan yang digambarkan dengan model matematik sebagai kurva pertumbuhan merupakan rangkaian bobot-umur secara linearitas dengan persamaan aljabar biasa atau regresi linier. Kurva pertumbuhan terbentuk karena adanya proses biologi yang kompleks (Nadarajah *et al.*, 1984). Model matematik yang sesuai dan mudah diinterpretasikan secara analisis biologis adalah model matematik *non linier* (Brown *et al.*, 1976).

Model matematik *non linier* yang sering digunakan adalah model Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, Logistic dan Richard. Penerapan kelima model ini telah banyak dilakukan pada sapi yang berbeda di beberapa negara Amerika dan Eropa Barat. Penerapan model matematik seperti diatas telah dilakukan di Indonesia terhadap pertumbuhan sapi Madura. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model yang sesuai dengan keadaan biologis sapi Madura adalah model Logistic (Dahklan, 1994). Khusus untuk memprediksi laju pertumbuhan sapi *Brahman Cross* (BX) penggunaan model matematik tersebut belum pernah diterapkan di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mengevaluasi penerapan kelima model matematik diatas untuk memprediksi laju pertumbuhan pada saat lahir (<1 bulan), pubertas dan dewasa tubuh terhadap sapi *Brahman Cross* di PT BULI (Berdikari United Livestock Indonesia).

## CARA PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan September 1999 di PT BULI (Berdikari United Livestock Indonesia) yang terletak di desa Bila dan Batu, kecamatan Dua Pitue, Kabupaten DATI II Sidendeng Rappang (Sidrap), Sulawesi Selatan.

Sebanyak 1504 ekor sapi *Brahman Cross* betina dengan tahapan umur dari lahir (umur kurang dari satu tahun) sampai umur dewasa (66 bulan) digunakan sebagai materi penelitian. Sapi betina dewasa yang digunakan adalah sapi yang tidak bunting. Sapi yang berumur kurang dari 6 bulan dan dewasa dipelihara di padang penggembalaan (*ranch*), sedangkan sapi lepas sapih sampai dengan umur 3 tahun dipelihara secara intensif dengan sistem *feedlot* (penggemukan).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat timbangan digital merk *Rudweigh* yang mudah dipindahkan dengan kapasitas 1000 kg dan seperangkat alat untuk memeriksa kebuntingan secara *palpasi rectal*.

Pengambilan data dilakukan secara *cross sectional data*, yaitu pengambilan data dengan cara mengukur bobot badan ternak secara individual pada umur tertentu dan kemudian pengukuran yang sama dilakukan pada individu yang lain dengan umur yang berbeda pada populasi yang sama (Fitzugh, 1976).

Metode pengambilan data yang digunakan adalah melakukan penimbangan bobot badan secara langsung baik di padang penggembalaan maupun di unit *feedlot* (penggemukan). Sebelum dilakukan penimbangan dilakukan pemeriksaan kebuntingan dengan metode *palpasi rectal*, diikuti dengan pencatatan nomor telinga yang menunjukkan tahun dan bulan kelahiran ternak untuk menentukan umur ternak.

Data yang terkumpul ditabulasi dan dirata-rata sesuai tahapan umur dari lahir (<1 bulan) sampai dewasa (66 bulan). Selanjutnya data dimasukkan kedalam komputer untuk dianalisis sesuai dengan model matematik yang digunakan (Tabel 1). Analisis statistik menggunakan program regresi *non linear* dari SPSS release 7.5. Hasil analisis berupa nilai estimasi parameter dimasukkan kedalam lima model matematik, selanjutnya dengan persamaan model tersebut dapat diprediksi beberapa kriteria pertumbuhan yang dapat dicari dengan rumus seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Model, persamaan, titik belok (POI), kecepatan pertumbuhan ( $dy/dt$ ) dan kecepatan dewasa ( $A^{-1}dy/dt$ ) untuk masing-masing model

Model	Persamaan ( $Y_t$ )	M	Asimtot	POI	$dy/dt$	$A^{-1}dy/dt$
Brody	$A(1-Be^{-kt})$	1	A	.....	$kA(1-u)$	$K(1-u)$
Bertalanffy	$A(1-Be^{-kt})^3$	3	A	8/27	$3ky(u^{-1/3}-1)$	$3ku(u^{-1/3}-1)$
Logistic	$A/(1+Be^{-kt})$	-1	A	0,5	$ky(1-u)$	$ku(1-u)$
Gompertz	$Aexp(-Be^{-kt})$	$M \cdot E$	A	$e^{-1}$	$ky \ln(u^{-1})$	$ku \ln(u^{-1})$
Richards	$A(1 \pm Be^{-kt})^M$	Bervariasi	A	$[(M-1)/M]^M$	$Mky(u^{-1/M}-1)$	$Mku(u^{-1/M}-1)$

Keterangan

- $Y_t$  = Bobot badan pada saat t
- $u$  =  $Y_t/A$ , derajat kedewasaan
- A = Bobot dewasa (Asimtot)
- B = Proporsi bobot dewasa yang akan dicapai setelah bobot lahir, dibentuk oleh nilai  $Y_0$  dan t awal, atau disebut juga konstanta integrasi.
- POI = Titik belok
- K = rata-rata kecepatan dewasa
- M = Parameter bentuk merupakan konstanta yang menunjukkan POI

Model matematik yang paling cocok atau sesuai dengan data sesungguhnya dibedakan atau dicari dengan menghitung jumlah kuadrat penyimpangan, koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan variansi *error* (MSE). Model matematik dengan jumlah kuadrat penyimpangan terkecil atau koefisien determinasi tertinggi dan rata-rata variansi *error* terkecil merupakan model matematik yang paling cocok atau *fit* (Rosner, 1990).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa rata-rata bobot badan dan simpangan baku sapi BX pada berbagai kelompok umur dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata bobot badan (kg) dan simpangan baku sapi Brahman Cross pada berbagai umur (bulan)

Um <sup>1</sup>	X <sup>2</sup>	sb <sup>3</sup>	Um	X	sb	Um	X	sb	Um	X	sb
<1	37,44	4,46	15	184,32	44,69	30	270,86	34,36	46	324,00	33,94
1	62,50	9,92	16	210,86	45,55	31	253,00	38,33	47	295,00	23,65
2	86,20	7,33	17	226,57	39,83	32	262,09	30,10	48	318,00	31,47
3	96,00	1,41	18	227,28	37,43	33	278,71	34,23	51	352,00	28,18
4	103,62	8,68	19	214,73	37,76	34	266,11	18,88	52	292,00	41,20
5	103,75	26,04	20	223,17	35,03	35	272,00	15,46	54	324,25	46,64
6	118,77	22,00	21	216,57	50,07	36	268,29	26,97	61	275,00	43,50
7	159,18	51,40	22	236,68	47,38	37	280,00	11,43	62	312,00	18,96
8	151,18	37,86	23	233,88	49,13	38	261,63	30,46	63	396,00	21,43
9	157,92	32,73	24	240,94	33,44	39	279,25	17,58	64	250,00	24,61
10	166,75	33,21	25	249,94	36,91	40	280,14	26,34	65	289,00	63,27
11	156,09	35,65	26	243,67	32,14	41	280,00	39,60	66	293,00	7,07
12	176,22	43,13	27	248,46	37,50	42	323,33	17,00			
13	188,87	48,29	28	271,46	25,73	43	309,50	23,33			
14	207,36	38,37	29	273,29	31,97	44	315,00	7,07			

<sup>1</sup>Um = Umur ternak (bulan)

<sup>2</sup>X = Rata-rata bobot badan (kg).

<sup>3</sup>sb = Simpangan baku

Tabel 2 menunjukkan adanya variasi bobot badan pada berbagai kelompok umur. Variasi ini kemungkinan disebabkan oleh kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Hal ini sesuai pendapat Williams (1982) yang menyatakan bahwa diantara individu dalam suatu bangsa dan diantara bangsa ternak terdapat perbedaan didalam merespon lingkungannya, misalnya dalam merespon pakan, kondisi fisik lingkungan

dan mikrobiologi. Perbedaan respon tersebut akan menghasilkan perbedaan laju pertumbuhan dan komposisi tubuh ternak.

Faktor keturunan juga turut berperan dalam menentukan ukuran potensial dan kecepatan pertumbuhan ternak. Perbedaan potensi genetik diantara tetua ternak akan menghasilkan keturunan yang berbeda pula dalam hal pertumbuhan.

Hasil analisis data bobot badan dan umur sapi BX berupa parameter pertumbuhan seperti parameter A, B dan k untuk masing-masing model matematik dapat dilihat pada lampiran dan Tabel 3.

Tabel 3. Persamaan model matematik berdasarkan hasil analisis data

MODEL	RUMUS	PERSAMAAN MODEL MATEMATIK
Brody	$A(1-be^{-kt})$	$321,89508617(1-(0,841106088)e^{(-0,067786621)t})$
Bertalanffy	$A(1-be^{-kt})^3$	$314,04189230(1-(0,410710800)e^{(-0,089410742)t})^3$
Logistic	$A(1+be^{-kt})^{-1}$	$306,59955460(1+(2,792020729)e^{(-0,131412304)t})^{-1}$
Gompertz	$Aexp(-be^{-kt})$	$311,51862133exp(-1,929377948e^{(-0,099970337)t})$
Richards	$A(1\pm be^{-kt})^M$	$311,50770202(1+0,002165550e^{(-0,100018313)t})^{-693,916001}$

Pada Tabel 3 nilai parameter A (bobot dewasa) paling besar dicapai dengan menggunakan model matematik Brody, diikuti model Bertalanffy, Gompertz, Richard dan Logistic. Apabila ketentuan dewasa dicapai berkisar pada umur 4-5 tahun, maka parameter A pada model Logistic (306,60) lebih mendekati nilai yang sesungguhnya yaitu sebesar 305,19 kg (berdasarkan rata-rata bobot badan umur 4-5 tahun). Selanjutnya nilai tertinggi untuk parameter B (koefisien integrasi atau proporsi bobot dewasa yang dicapai setelah lahir), dicapai pada model Logistic diikuti Brody, Bertalanffy, Richard dan Gompertz. Disamping itu untuk nilai k (rata-rata kecepatan dewasa) tertinggi terdapat pada model Logistic diikuti model Gompertz, Bertalanffy, Richard dan Brody. Apabila kelima model dirata-rata, maka kecepatan dewasa yang berhubungan dengan kecepatan pertumbuhan pada sapi BX ini lebih tinggi sebesar 0,098 dan rata-rata bobot dewasa lebih rendah sebesar 313,11 kg, dibandingkan dengan sapi di Amerika (diprediksi dengan Richard) dengan kecepatan dewasa 0,087 dan rata-rata bobot dewasa 509 kg (Brown, et al., 1976). Hal ini menunjukkan bahwa sapi BX mempunyai potensi mencapai bobot dewasa yang lebih cepat. Namun potensi genetik yang dimiliki sapi BX belum digali secara optimal dengan seleksi yang akurat berdasar pada parameter genetik

Umur dan bobot badan pada saat pubertas yang diprediksai dengan lima model matematik menunjukkan perbedaan. Model Logistic lebih tepat digunakan untuk memprediksi umur pubertas dengan nilai prediksi dan aktual sebesar 7,81 bulan dan 7,25 bulan. Selanjutnya model Gompertz lebih tepat digunakan memprediksi bobot badan saat pubertas dengan nilai prediksi dan aktual sebesar 143,03 kg dan 143,04 kg. Model Bertalanffy dan Ricchards menunjukkan nilai *underestimate*, dan model Brody tidak dapat digunakan untuk memprediksi kriteria pubertas.

Kriteria kemampuan tumbuh ternak dapat dilihat dari besarnya laju pertumbuhan. Laju pertumbuhan ini penting diketahui karena dapat dipakai sebagai salah satu kriteria seleksi. Laju pertumbuhan yang diprediksai berdasarkan persamaan kelima model matematik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Prediksi kriteria kemampuan tumbuh sapi BX

ITEM	BRODY	BERTALANFFY	LOGISTIC	GOMPERTZ	RICHARDS
POI ( $Y_{t_0 \& t_1}$ )	-	93,05	153,30	143,03	114,68
(kg & bulan)	-	2,33	7,81	6,57	4,07
Dy/dt (kg/bln)					
$t_0$	18,35	12,02	7,82	10,42	10,41
$t_1$	-	12,48	10,31	11,13	11,45
$t_{66}$	0,56	0,35	0,13	0,27	0,27

<sup>a</sup> $t_0$  kecepatan pertumbuhan kurang dari 1 bulan

<sup>b</sup> $t_1$  kecepatan pertumbuhan saat pubertas

<sup>c</sup> $t_{66}$  kecepatan pertumbuhan pada umur 66 bulan

Tabel 4 menunjukkan bahwa kecepatan pertumbuhan saat pubertas (10 –12 kg/bl) mencapai kecepatan tertinggi dibanding kecepatan diawal pertumbuhan yang cukup bervariasi yaitu antara 7 kg/bl sampai dengan 18 kg/bl. Terjadinya peningkatan kecepatan pertumbuhan (dy/dt pada saat  $t_0$ ) pada saat pubertas ini sesuai dengan pendapat Brody (1945) yang disitasi oleh Dahkhan (1994) bahwa pada saat titik belok (POI) umumnya menunjukkan kecepatan pertumbuhan mencapai maksimum dan ternak mencapai pubertas. Selanjutnya kecepatan setelah pubertas sampai dengan dewasa tubuh yang cenderung menurun kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya pertumbuhan

otot, tulang dan organ-organ tubuh. Pada fase ini yang terjadi adalah peningkatan penimbunan lemak.

Apabila dibandingkan dengan data aktual, model Logistic dan model Gompertz (Tabel 4) lebih tepat digunakan memprediksi kecepatan atau laju pertumbuhan saat lahir dan saat pubertas. Nilai prediksi untuk kecepatan pertumbuhan saat lahir menurut model Logistic dan Gompertz adalah 7,82 kg/bulan dan 10,42kg/bulan. Hal ini tidak jauh berbeda dengan nilai aktualnya yaitu 7-11 kg/bulan. Selanjutnya nilai kecepatan pertumbuhan pada saat pubertas menurut Logistic dan Gompertz adalah 10,31 kg/bulan dan 11,13 kg/bulan, sedangkan nilai aktualnya 9-12 kg/bulan.

Besarnya tingkat kesesuaian antara hasil prediksi dengan data aktual dapat dilihat pada Tabel 5, berdasar besarnya jumlah kuadrat penyimpangan, koefisien determinasi dan variansi error.

Tabel 5. Jumlah kuadrat penyimpangan, koefisien determinasi dan rata-rata kuadrat *error* untuk berbagai model

ITEM	BRODY	BERTALANFFY	LOGISTIC	GOMPERTZ	RICHARDS
$\hat{A}di^2$	23186,3756	24176,30469	27275,26573	24879,05165	24882,28798
R <sup>2</sup>	0,92780	0,92472	0,91507	0,92253	0,92252
MSE	429,38588	447,70935	505,09751	460,72318	469,47713

Pada Tabel 5 terlihat bahwa model Brody memenuhi kriteria yang *fit*, karena mempunyai nilai R<sup>2</sup> tertinggi yaitu 0,92780 (92,78 %). Nilai R<sup>2</sup> yang tinggi menunjukkan bahwa variasi yang timbul dalam berat (Y) dapat diterangkan dengan persamaan model Brody. Besarnya nilai R<sup>2</sup> pada model Brody diikuti pula dengan rendahnya jumlah kuadrat penyimpangan dan variansi error ( $MSE = Mean \ square \ Error$ ) yang kecil. Walaupun model Brody mempunyai tingkat kesesuaian tertinggi diikuti model von Bertalanffy, Richards, Gompertz dan Logistic, tetapi model Brody memiliki kelemahan karena tidak dapat mengestimasi sifat-sifat yang terjadi pada POI, sehingga estimasi dan interpretasi sifat-sifat biologik seperti umur dan bobot serta kecepatan pada saat pubertas tidak dapat dilakukan. Kelebihan dari model Brody adalah perhitungannya yang lebih sederhana dibanding model lain.

## KESIMPULAN

Kelima model matematik *non linear* yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai tingkat kecocokan yang tinggi dengan nilai  $R^2$  lebih dari 90%. Model Logistic dan Gompertz dapat direkomendasikan untuk memprediksi kecepatan atau laju pertumbuhan saat pubertas. Hasil prediksi tersebut dapat dipakai sebagai standar dalam melakukan seleksi dengan kriteria kecepatan atau laju pertumbuhan saat pubertas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acher, J.A., P.F.Arthur, P.F. Pannel dan R.J. Van de Ven. 1998. Effect of Divergent Selection for Yearling Growth Rate on Female Reproductive Performance in Angus Cattle. *Livestock Production Science*. 57:33-40
- Brown, J.E., H.A. Fitzugh, Jr. and T.C. Cartwright. 1976. A Comparison of Non Linear Models for Describing Weight-Age Relationships in Cattle. *J.Anim.Sci*. 42:810-818.
- Dahklan, A.1994. Evaluasi Penerapan Beberapa Model Matematik Non Linier Pada Kurva Pertumbuhan Sapi Madura Betina. *Tesis Pasca Sarjana*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fitzhugh, H.A., 1976. Analysis of Growth Curves and Strategies for Altering Their Shape. *J.Anim.Sci*. 42:1036-1051
- Johannson, I and J. Rendel. 1968. *Genetics and Animal Breeding*. W.H. Freeman and Company San Fransisco.
- Nadarajah, K, T.J. Marlowe and D.R. Notter.1984. Growth Pattern of Angus, Charolais, CharolaixAngus, and HolsteinxAngus Cows from Birth to Maturity. *J.Anim.Sci*. 42:1024.
- Rosner, B.1990. *Fundamentals of Biostatistics*, 3<sup>rd</sup> ed. PWS-KENT Publishing Company,Boston,Massachusetts.
- Warwick, E.J. dan J.E. Legates. 1979. *Breeding and Improvement of Farm Animals*. TMH ed., Data McGrow-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi.
- Warwick, E.J., J.Maria Astuti, W. Hardjosubroto. 1990. *Pemuliaan Ternak*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- William, I.H. 1982. Growth and Energy. *Dalam : A Course Manual in Nutrition and Growth*. H.L Davies (Ed.). Australian Vice-Chancellors, Committee. AUIDP, Hedges & Bell Pty Ltd, Melbourne. Hal. 1-23.